

PRICE AND GESS

ATTORNEYS AT LAW

JOSEPH W. PRICE
ALBIN H. GESS
MICHAEL J. MOFFATT
GORDON E. GRAY III
BRADLEY D. BLANCHE
J. RONALD RICHEBOURG

2100 S.E. MAIN STREET, SUITE 250
IRVINE, CALIFORNIA 92614-6238

A PROFESSIONAL CORPORATION
TELEPHONE: (949) 584-8433
FACSIMILE: (949) 261-9072
FACSIMILE: (949) 261-1726

OF COUNSEL
JAMES F. KIRK

e-mail: jwp@pgpatentlaw.com

SPECIFICATION, CLAIMS, AND ABSTRACT **EIGHTEEN (18) PAGES**

Applicant(s): Yoshiharu Doi

Title: MOBILE COMMUNICATION TERMINAL,
COMMUNICATION METHOD AND PROGRAM
Attorney's
Docket No.: NAK1-BP43

"EXPRESS MAIL" MAILING
LABEL NO. EL 852659444 US

DATE OF DEPOSIT: July 13, 2001

TITLE OF THE INVENTION

MOBILE COMMUNICATION TERMINAL, COMMUNICATION METHOD AND PROGRAM

This application is based on an application No. 2000-215099 filed in Japan, the content of which is hereby incorporated by reference.

5

BACKGROUND OF THE INVENTION

(1) Field of the Invention

本発明は、アダプティブアレイ方式のアンテナを用いる移動通信端末の通信技術に関する。

10

(2) Description of the Related Art

近年、移動通信分野においては周波数の有効利用、通信品質の向上を目的としてアダプティブアレイ方式の利用が注目されている。アダプティブアレイ方式とは、複数のアンテナの信号の振幅と位相とを調整することにより、所望信号の到来方向に対する放射強度又は受信感度を強めて送受信を行う通信方式である。

15

アダプティブアレイ方式の移動通信システムにおいては、基地局側に複数のアンテナと制御機構とからなるアダプティブアレイアンテナを備え、基地局が移動通信端末の移動に追従して通信を行う技術が実現されている。

20

また最近では、チップアンテナといった小型化・軽量化したアンテナの開発により移動通信端末にもアダプティブアレイアンテナを備えることが考えられる。

ここで移動通信端末にアダプティブアレイアンテナを備えた場合における指向性パターンの制御について説明する。

25

移動通信端末は、例えばP H S (Personal Handyphone System) の場合、T D D (Time Division Duplex) 方式によりT D Dフレーム単位に送信と受信とを交互に繰り返しており、フレームの受信時に、基地局よりプリアンブルやユニークワード等の既知の信号列が送信されてくるので、これらの信号列を複数のアンテナより受信し、受信したアンテナ毎の信号を適当なウェイトベクトルにより重み付け合成し、その結果得られる合成信号と予め記憶している参照信号（プリアンブルやユニークワード等を示す信号）との誤差が最小となるようウェイトベクト

ルを修正することにより最適なウェイトベクトルを算出する。そして算出したウェイトベクトルで複数のアンテナより受信される各信号を重み付け合成することにより、基地局からの所望の信号を受信する。送信時においては、送信信号を複数のアンテナに分配し、受信時に算出したウェイトベクトルで重み付けして送信することにより基地局に送信信号を送信する。なおここにおいて所定の方向に受信感度または放射強度を高めて受信又は送信を行うことを、指向性パターンを形成して受信又は送信を行うという。

ところで上記移動通信端末においては、弱電界や干渉、同期はずれ等により基地局からの信号を正しく受信できない場合、そのフレームの送信時における送信信号が通信対象の基地局に到達されなくなるという問題がある。

より詳しくは、移動通信端末は、基地局からの信号を正しく受信できない場合、正しく受信できていない信号を用いてウェイトベクトルを算出し、そのウェイトベクトルを用いて指向性パターンを形成するので、その指向性パターンは通信対象の基地局を指向せず、送信信号は基地局に到達しなくなる。一方、通信対象の基地局は、移動通信端末からの信号が到達しないので、移動通信端末を指向する指向性パターンを形成することができなくなる。その結果、移動通信端末と基地局とは、相互の指向性パターンを形成することができなくなつて互いの信号が到達しなくなり、チャネル切替えを行わない限り、通信不能となってしまう。

また誤った値のウェイトベクトルを用いることにより、他の基地局や他の移動通信端末の方向に放射強度を高めた指向性パターンが形成されて他の移動通信端末や移動通信端末に干渉を与えるという問題もある。

SUMMARY OF THE INVENTION

上記問題に鑑みて本発明は、通信対象の基地局からの信号を正しく受信できない場合においても、他に干渉を与えることなく目的の基地局に対して送信信号を到達させることができる移動通信端末、通信方法及びプログラムを提供することを目的とする。

上記目的を達成する移動通信端末は、複数のアンテナを有し、受信時に目的の受信信号を受信するための指向性パターンを形成して受信信号を受信し、送信時

には受信時と同一の指向性パターンを形成して送信信号を送信するアダプティブアレイ方式の移動通信端末であって、前記受信信号の受信エラーを検出する検出部と、前記検出部により受信エラーが検出された場合、前記指向性パターンとは異なるパターンを形成して送信信号を送信させる送信制御部とから構成される。

5 この構成によれば、受信時に不適切な指向性パターンが形成されていた場合、すなわち所望信号の到来方向を指向性が高くない指向性パターンが形成されていた場合であっても、受信エラーを検出することにより受信時に不適切な指向性パターンが形成されたことを検出し、送信時には不適切な指向性パターンとは異なる指向性パターンを形成するので、不適切な指向性パターンにより送信信号が送信されるのを防ぐことができ、到来方向の目的の基地局に対して送信信号を到達させることができる。

10 また前記送信制御部は、前記検出部により受信エラーが検出された場合、前記複数のアンテナのいずれか1つを用いて無指向性のパターンを形成して送信信号を送信するよう制御する構成にしてもよい。

15 この構成によれば、受信時に形成された、所望信号の到来方向を指向しない指向性パターンと同じ指向性パターンを形成して送信信号を送信する場合と比較して、基地局に送信信号が到達する確率を高くすることができる。

また前記送信制御部は、前記検出部により受信エラーが検出された場合、前記複数のアンテナのうちアンテナ利得が最も高いアンテナを用いて無指向性のパターンを形成して送信信号を送信するよう制御する構成にしてもよい。

この構成によればアンテナ利得が最も高いアンテナから送信される信号の到達距離は、アンテナ利得が低いアンテナよりも長ないので、目的の基地局への送信信号の到達確率をより高くすることができる。

また前記移動通信端末は、さらに、前記複数のアンテナ毎に受信信号の品質を測定し、品質の高いアンテナを選択する選択部を備え、前記送信制御部は、前記検出部により受信エラーが検出された場合、前記選択部により選択されたアンテナを用いて無指向性のパターンを形成して送信信号を送信するよう制御する構成にしてもよい。

この構成によれば受信品質の高いアンテナを用いて送信する場合、受信品質の

低いアンテナを用いて送信する場合よりも目的の基地局への送信信号の到達確率を高くすることができる。

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

5 These and other objects, advantages and features of the invention will become apparent from the following description thereof taken in conjunction with the accompanying drawings which illustrate a specific embodiment of the invention. In the Drawings:

10 図1は、本発明の第1実施形態の移動通信端末の主要部の構成を示すブロック図である。

15 図2は、移動通信端末100が基地局との通信中に行う動作を示すフローチャートである。

図3は、移動通信端末100の動作を説明する図である。

20 図4は、移動通信端末100が受信エラーを検出した場合にオムニ送信することによる効果を説明するための図である。

図5は、第2実施形態の移動通信端末の構成を示すブロック図である。

25 図6は、移動通信端末200の動作を示すフローチャートである。

DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

30 以下、本発明の実施形態の移動通信端末について図面を用いて説明する。

(第1実施形態)

図1は、本発明の第1実施形態の移動通信端末の主要部の構成を示すブロック図である。

同図において移動通信端末100は、アンテナ101、102、受信回路104、125、切替スイッチ103、104、乗算器105、106、加算器107、復調回路108、エラー検出回路109、再変調回路110、参照信号メモリ111、スイッチ112、受信ウェイトベクトル計算部114、ウェイトベクトルメモリ115、送信制御部116、変調回路117、乗算器118、119、及びスイッチ120より構成される。

アンテナ 101 は、棒状のロッドアンテナ、アンテナ 102 は、移動通信端末 100 内部の基板上に取り付けられたチップアンテナである。

切替スイッチ 103、104 は、送信と受信とを切替えるスイッチである。

受信回路 124、125 は、アンテナ 101、102 より受信される高周波の 5 信号を低周波の信号に変換する。なお、移動通信端末 100 は、TDD 方式の TDD フレーム毎に時分割で送信と受信とを交互に行うものとする。

乗算器 105、106 は、受信回路 124、125 からの各信号に、受信ウェイ 10 イトベクトル計算部 114 より出力されるウェイトベクトル W1、W2 を乗じることにより重み付けして加算器 107 に出力する。

加算器 107 は、乗算器 105 及び 106 により重み付けされた信号を加算して復調回路 108 に出力する。

復調回路 108 は、加算器 107 による加算後の信号を復調し、復調結果の受信ビット列を出力する。

再変調回路 110 は、復調回路 108 からの受信ビット列を、シンボル波形の 15 データに再変調する。

参照信号メモリ 111 は、参照信号テーブルを保持する。参照信号テーブルは、参照信号を表すシンボル波形のデータを記憶する。参照信号は、基地局から移動通信端末 100 に送られてくる信号中の所定の位置に含まれる既知の固定ビット 20 パターンである。例えば PHS 規格の場合、スロット構成中のランプビット (Ramp bits)、スタートシンボル (Start Symbol)、プリアンブル (Preamble)、ユニークワード (Unique Word) が参照信号となり得る。

カウンタ 113 は、受信タイムスロットにおいて先頭から末尾のシンボルまで 25 シンボルタイミングに同期してシンボル数をカウントする。このカウント値は、固定ビットパターンのシンボル期間とそうでない期間とを区別するために利用される。

スイッチ 112 は、カウンタ 113 のカウント値が固定ビットパターンのシンボル期間を示すときは、参照信号メモリ 111 から読み出される参照信号を表すシンボル波形のデータを選択し、それ以外の期間では再変調回路 110 からのシンボル波形のデータを選択して、それぞれのシンボル波形のデータを受信ウェイ

トベクトル計算部114に出力する。

受信ウェイトベクトル計算部114は、受信回路124、125からの各信号を重み付け加算した結果と、スイッチ112からのシンボル波形データとの誤差を最小にするようにウェイトベクトルW1、W2をシンボル毎に算出する。

5 ウェイトベクトルメモリ115は、RAM、ROMを含み、受信ウェイトベクトル計算部114により算出されたウェイトベクトルW1、W2を記憶する。

エラー検出回路109は、復調回路108による復調結果の受信ビット列から受信エラーを検出する。より詳しくは復調回路108は、復調結果の受信ビット列のユニークワード部分と予め記憶しているユニークワードとを比較して所定ビット(例えば2ビット)以上誤っている場合及びCRC(Cyclic Redundancy Check)エラーがある場合の少なくとも一方を検出したときを受信エラーとし、送信制御部116に通知する。

変調回路117は、送信スロットにおいて送信すべきビット列を変調して送信信号(シンボルデータ)を生成する。

15 送信制御部116は、変調回路117より出力される送信信号に重み付けするために、ウェイトベクトルW1、W2をウェイトベクトルメモリ115より読み出して乗算器118、119に出力する。

ただし送信制御部116は、エラー検出回路109より受信エラーの検出が通知されているときは、当該フレームの送信時において乗算器118、119への20 ウェイトベクトルW1、W2の供給を停止し、スイッチ120のスイッチを切断することにより、変調回路117からの送信信号が重み付けされずにアンテナ101より出力されるように制御する。この制御により受信エラーが検出されたフレームにおいては、その送信時には送信信号がオムニ指向性、つまり無指向性のパターンにより送信される。ここにおいて無指向性のパターンは、アンテナ10

25 1から全方向に対して略等しい放射強度をもつパターンであり、水平方向に略円形に広がっているものとする。なお、受信エラーが検出された次のフレームにおいて受信エラーが検出されない場合には、送信制御部116は、乗算器118、119にウェイトベクトルW1、W2を供給して送信信号の重み付けを行い、スイッチ120を導通することにより、アンテナ101及びアンテナ102を用い

て、通信対象の基地局の方向に放射強度を高めた指向性パターンを形成して送信信号を送信する。

乗算器 118、119 は、それぞれ変調回路 117 から入力される送信信号に、送信制御部 116 からのウェイトベクトル W1、W2 を乗じることにより重み付けして送信回路 126、127 に出力する。
5

送信回路 126、127 は、乗算器 118、119 からの重み付けされた信号を高周波の信号に変換してアンテナ 101、102 に出力する。

以上のように構成された移動通信端末 100 について、以下にその動作を説明する。

10 図 2 は、移動通信端末 100 が基地局との通信中に行う動作を示すフローチャートである。

同図において移動通信端末 100 は、通信中においてステップ 201 からステップ 213 の処理をフレーム単位に繰り返す。

15 基地局と移動通信端末 100 との通信中において受信スロットタイミングになると、受信ウェイトベクトル計算部 114 は、基地局の信号に対して受信感度の高い指向性パターン形成用のウェイトベクトル W1、W2 を算出し、乗算器 105、106 及び加算器 107 が重み付け合成することにより基地局の方向に受信感度を高めた指向性パターンを形成して、基地局からの信号をアレイ受信する(ステップ 203)。復調回路 108 は、重み付け合成された信号を復調してエラー検出回路 109 に出力し、エラー検出回路 109 は、復調結果の受信ビット列中からユニークワードエラー及び CRC エラーを検出する。
20

25 エラー検出回路 109 が受信エラーを検出しない場合(ステップ 205; 不検出)、同フレームの送信スロットタイミングになると、変調回路 117 は送信ビット列を変調して送信信号を生成し(ステップ 206)、送信制御部 116 は、乗算器 118、119 にウェイトベクトル W1、W2 による送信信号の重み付けを行わせる(ステップ 207)。この重み付けによりアンテナ 101、102 からは、基地局に対して放射強度の高い指向性パターンが形成されて信号が送信される(ステップ 208)。

一方、エラー検出回路 109 は、ユニークワードエラー及び CRC エラーの少

なくとも一方を検出すると、送信制御部116に受信エラー検出を通知する（ステップ209）。

送信制御部116は、受信エラー検出が通知されると、スイッチ120を切断し（ステップ210）、乗算器118、119に重み付けを行わせないことにより、変調回路117により変調された送信信号をアンテナ101から送信させる（ステップ211、ステップ212）。これによりアンテナ101は、無指向性のパターンが形成してオムニ送信する。

以上のようにして移動通信端末100は、フレーム単位でアレイ受信して、受信エラーがあるか否かを監視し、受信エラーを検出しない場合にはアレイ送信し、受信エラーを検出した場合にはオムニ送信する。

図3を用いて説明すると、移動通信端末100は、フレーム301、302、303毎に基地局に対する受信及び送信を繰り返し、フレーム301の受信スロット304のタイミングにおいては基地局を指向するウェイトベクトルを算出して基地局からの信号をアレイ受信し、当該アレイ受信において受信エラーを検出しなかった場合には、対応する送信スロット305のタイミングにおいて受信スロット304で算出したウェイトベクトルを用いてアレイ送信する。フレーム302の受信スロット306のタイミングにおいては基地局を指向するウェイトベクトルを算出して基地局からの信号をアレイ受信するが、当該アレイ受信において受信エラーを検出すると、対応する送信スロット307のタイミングにおいて無指向性のパターンによりオムニ送信する。さらにフレーム303の受信スロット308のタイミングにおいては基地局を指向するウェイトベクトルを算出して基地局からの信号をアレイ受信し、当該アレイ受信において受信エラーを検出しないので、対応する送信スロット309のタイミングにおいては受信スロット308で算出したウェイトベクトルを用いてアレイ送信する。

このように移動通信端末100は、受信エラーが検出されたか否かに応じてオムニ送信とアレイ送信とを切替える。

図4は、移動通信端末100が受信エラーを検出した場合にオムニ送信することによる効果を説明するための図である。

同図において移動通信端末100は、通信中の基地局701からの信号のアレ

イ受信に失敗して誤った指向性パターン704を形成したとすると、基地局701からの信号が正しく復調されず、受信エラーを検出するので、対応する送信時においては無指向性のパターン400を形成してオムニ送信する。このオムニ送信により、受信時と同じ指向性パターン704を形成して送信する場合と比べると、送信信号が基地局701に到達する確率が高くなるという効果があり、またパターン400は他の基地局702に対して指向性が高くなないので他の基地局702の通信を妨害しないという効果がある。

さらに移動通信端末100は、受信エラーによりオムニ送信を行った後のフレームにおいて基地局からの信号を正しく復調できて受信エラーを検出しなかった場合には、オムニ送信からアレイ送信に戻して基地局との通信を続けることができるという効果がある。

もし仮に従来の移動通信端末のように、受信エラーを検出してもオムニ送信を行わずに、指向性パターン704を形成してアレイ送信を行ったとすると、指向性パターン704は、目的の基地局701にヌル点を向け、他の基地局702の方向に指向性が高いので、目的の基地局701に送信信号が到達しないだけでなく、基地局702に送信信号が到達して基地局702における通信を妨害するという不具合が起こる。

本発明の移動通信端末100においてはこのような不具合は起こらない。

(第2実施形態)

以下、本発明の第2実施形態の移動通信端末について説明する。

図5は、第2実施形態の移動通信端末の構成を示すブロック図である。

同図において移動通信端末200は、図1に示す移動通信端末100のブロック図に対して、受信レベル測定部123を備え、スイッチ120の替わりにスイッチ121及び122を備え、送信制御部116の替わりに送信制御部129を備える点が異なっている。その他、図1のブロック図と同一符号の構成要素については同じ構成であるので説明を省略し、以下、異なる点を中心に説明する。

受信レベル測定部123は、受信回路124、125からの信号それぞれの受信レベルR1、R2を測定してウェイトベクトルメモリ128に出力する。受信レベルR1、R2はアンテナ101、102それぞれにおける受信品質を表す。

ウェイトベクトルメモリ128は、ウェイトベクトルメモリ115と同様、ウェイトベクトルW1、W2を記憶する他、受信レベル測定部123より出力される受信レベルR1、R2を記憶する。ここにおいてウェイトベクトルメモリ128は、過去数フレーム分の受信レベルR1、R2を記憶してもよいし、受信エラーが検出されたフレームの受信レベルR1、R2を記憶してもよいし、エラーが検出されたフレームを除く過去数フレーム分の受信レベルR1、R2を記憶してもよい。

スイッチ121、122は、アレイ送信の際は乗算器118、119からの重み付けされた信号それをアンテナ101、102に導通し、オムニ送信の際は送信制御部129の制御によりいずれか一方が切断される。これにより片方のスイッチのみが変調回路117からの送信信号をアンテナに導通する。

送信制御部129は、エラー検出回路109により受信エラー検出が通知されない場合のアレイ送信については第1実施形態の送信制御部116と同様であるが、受信エラー検出が通知された場合のオムニ送信については、以下に説明するように、受信レベルの高い方のアンテナよりオムニ送信する制御を行う。

すなわち、送信制御部129は、エラー検出回路109から受信エラー検出が通知されると、ウェイトベクトルメモリ128から受信レベルR1、R2を読み出して2つの値の大小を比較し、スイッチ121、122のうち受信レベルが低い側のスイッチを切る。すなわちアンテナ101側の受信レベルR1がR2よりも低い場合はスイッチ121のスイッチを切り、反対に、アンテナ102側の受信レベルR2がR1よりも低い場合はスイッチ122のスイッチを切る。ここにおいてウェイトベクトルメモリ128に数フレーム分の受信レベルR1及びR2が記憶されている場合には、数フレーム分の総和平均をそれぞれ算出して比較するようにしてもよい。

さらに送信制御部129は、乗算器118、119にウェイトベクトルW1、W2を供給しないことにより重み付けが行われないようにする。

こうして受信エラーが発生したときは、受信レベルの低い側のアンテナに対応するスイッチが切られて受信レベルが高い側のアンテナに対応するスイッチのみ導通され、変調回路117より出力される送信信号が導通されたスイッチを介し

て受信レベルの高い方のアンテナから送信される。ここにおいて送信信号は1つ
のアンテナより出力されるので、形成される指向性パターンはほぼ円形の無指向
性となる。

図6は、移動通信端末200の動作を示すフローチャートである。

5 同図において図2と同じステップ番号は同じ処理を示す。

受信スロットタイミングにおいて受信レベル測定部123は、アンテナ101、
102それぞれの受信レベルR1、R2を測定してウェイトベクトルメモリ12
8に格納し(ステップ601)、その後第1実施形態と同様に受信ウェイトベクト
ル計算部114がウェイトベクトルW1、W2を算出し、算出されたウェイトベ
クトルW1、W2を用いて乗算器105、106及び加算器107がアレイ受信
を行い(ステップ204)、合成された受信信号を復調回路108が復調する(ス
テップ204)。

エラー検出回路109は、復調結果の受信ビット列について受信エラーを検出
すると(ステップ205)、送信制御部129に受信エラー検出を通知する(ス
テップ209)。

送信制御部129は、受信ウェイトベクトル計算部114に記憶されている受
信レベルR1、R2を比較し(ステップ602)、受信レベルの高い側のアンテナ
をオムニ送信用のアンテナとして選択する(ステップ603)。そしてスイッチ1
21、122のうち、選択しないアンテナ側のスイッチを切る(ステップ604)。

20 変調回路117は、送信スロットタイミングにおいて、送信ビット列を送信信
号に変換して出力する。送信信号は、乗算器118、119において重み付けが
行われず、選択したアンテナ側よりオムニ送信される(ステップ605)。

25 以上のように構成することにより第2実施形態の移動通信端末200は、受信
エラーが発生したフレームにおいては、受信レベルが高い方、すなわち受信品質
が高い方のアンテナを用いてオムニ送信する。受信レベルが高い方のアンテナを
用いて送信することにより送信自のアンテナ利得は高くなり、受信エラー発生時
においても目的の基地局に送信信号が到達する確率がより高くなるという効果が
ある。

以上の本発明の移動通信端末について実施形態に基づいて説明したが、上記実

施形態に限らず、以下のようにしてもよい。

(1) アンテナ 101 及びアンテナ 102 は、それぞれロッドアンテナ、チップアンテナとしているが、これに限らず、他の種類のアンテナでもよい。

5 (2) 第2実施形態においては、オムニ送信に用いるアンテナを選択するためにアンテナ毎の受信レベルを測定しているが、受信レベルを測定する替わりに C/N 比 (carrier-to-noise ratio: 搬送波電力対雑音電力比) を測定してもよい。

(3) 第1実施形態においては、受信エラー検出時のオムニ送信用のアンテナとしてロッドアンテナを用いるよう構成されているが、その替わりにチップアンテナを用いるよう構成してもよい。

10 またアンテナ利得が異なる複数のアンテナを備える移動通信端末において、受信エラー検出時には最もアンテナ利得の高いアンテナを用いて送信信号をオムニ送信するよう構成してもよい。アンテナ利得の高いアンテナよりオムニ送信すれば、他のアンテナよりオムニ送信する場合に比べて送信信号の到達距離を大きくすることができるので目的の基地局への到達確率をより高くすることができる。

15 (4) 第1及び第2実施形態においては受信エラー検出時には無指向性のパターンを形成して送信を行う構成であるが、無指向性のパターンに限らず、受信時に形成された指向性パターンとは異なるパターンを形成して送信するよう構成してもよい。例えば、受信エラー検出時には、受信時の指向性パターンの指向方向以外の方向に放射強度を強くした部分を少なくとも含む指向性パターンを形成するようにしてもよいし、受信時の指向性パターンのメインロープの幅を広げた指向性パターンを形成するようにしてもよい。これらの指向性パターンを形成するためのウェイトベクトルは、受信時のウェイトベクトルを用いて公知技術により算出することができる。

20

(5) 本発明は、移動通信端末 100 及び移動通信端末 200 それぞれの各構成要素の動作手順を、通信方法の発明としてもよい。

(6) また、移動通信端末 100 及び移動通信端末 200 それぞれの各構成要素の動作手順を、汎用のコンピュータ又はプログラム実行機能を有する機器等に実行させるためのプログラムにてもよいし、記録媒体に記録し又は各種通信路等を介して、流通させ頒布することもできる。このような記録媒体には IC カード、

光ディスク、フレキシブルディスク、ROM等がある。

(7) 上記実施の形態及び上記（1）～（6）をそれぞれ組み合わせて実施してもよい。

The present invention has been fully described by way of examples with reference to the accompanying drawings. It is to be noted that various changes and modifications will be apparent to those skilled in the art. Therefore, unless such changes and modifications depart from the scope of the present invention, they should be construed as being included therein.